

特集 IR (赤外線) センサを用いた車両用オート A/C 制御*

Automatic Climate Control for Vehicle by IR (Infrared) Sensor

熊田辰己

Tatsumi KUMADA

一志好則

Yoshinori ICHISHI

Automatic climate control system has been developed to improve cabin thermal comfort. However, it is difficult to more improve thermal comfort with control by current sensing technology (Indirect detection of thermal load).

Now, this report introduces technology to improve thermal comfort by IR sensor (Direct detection of thermal load of occupant and cabin temperature).

Key words : Air conditioning, Climate control, IR sensor

1. はじめに

近年,ユニバーサル・デザインの気運の高まりから,人への優しさを考慮したシステムの要求が高まってきている。

こうした中,我々は空調の更なる快適性向上を目指し,従来の複数センサによる車両熱負荷を推定した室温制御から,乗員表面温度および車室内壁表面温度(車両熱負荷)を直接検出する赤外線センサ(以降IRセンサという)を用いたオートA/C(Air Conditioner)システムを開発することにより,現状のシステムに比べ,より乗員の温度感覚を考慮した空調を実現した。

本論文では,IRセンサを使ったオートA/Cシステムの代表的特長について報告する。

2. 開発の狙い

システムの開発にあたり,IRセンサの特性に着目し以下の二つを狙いとしました。

- (1) 車両熱負荷直接検出によるオートA/C制御(1センサオートA/C制御)
- (2) 乗員温感を考慮したオートA/C制御(乗員の表面温度の直接検出)

3. 現状の空調システム構成

Fig. 1に現状センサによるオートA/Cシステムの構成を示す。

現状センサシステムは,内気センサ,外気センサ,日射センサの三つのセンサと温度設定値からTAO(必要吹出し温度)値を演算し,TAO値に基づいて吹出し空気温度,吹出し風量,吹出し口などを総合的に制御した空調を行っている。

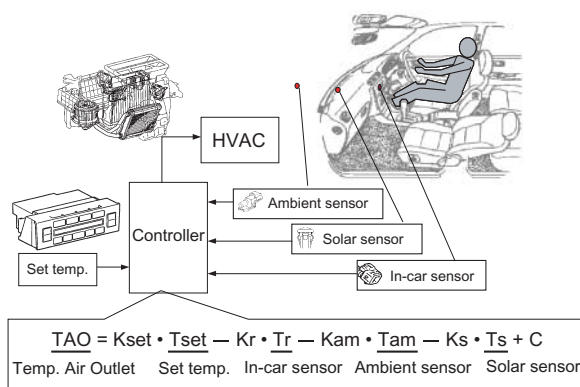


Fig. 1 Composition of current sensor system

4. 車両熱負荷直接検出によるオートA/C制御

4.1 IRセンサによる熱負荷直接検出

従来用いていた内気,外気,日射の三つのセンサによる熱負荷の推定を,IRセンサで熱負荷を直接検出することにより1センサで代用することを考えた。

Fig. 2は外気温に対する車室内各部の熱負荷を計算した結果であり,外気温の変化に対して最も侵入熱量の変化が大きい部位はガラスであることから,外気負荷はガラス表面温度で検出できると言える。またFig. 3は,同様に日射量に対する熱負荷計算の結果であり,日射量に対して変化の大きい部位はガラスと日射のあたる内装部位であることから,日射負荷はガラスと日射のあたる内装部位の表面温度で検出できると言える。最後に内気温は,外気温や日射の影響を受け難い,すなわち車室内温度のみの影響を受ける乗員と天井の表面温度で検出できると考えた。

* (社)自動車技術会中部支部の了解を得て,「2004年度研究発表会前刷集」より一部加筆して転載

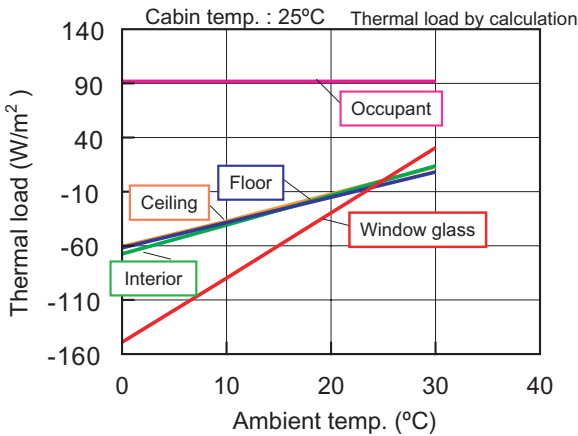


Fig. 2 Thermal load by ambient temp

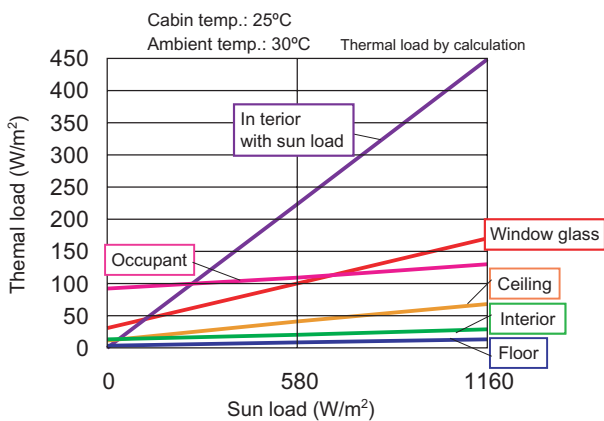


Fig. 3 Thermal load by sun load

以上のように、少なくともガラス、日射のあたる内装、乗員、天井の四つの部位の表面温度により従来センサのセンシング機能を代用できると考えられる。

4.2 IRセンサによるオートA/C制御

次に、IRセンサのみでオートA/C制御を行うためには従来システムのTAO式

$$TAO = K_{set} \cdot T_{set} - K_r \cdot T_r - K_{am} \cdot T_{am} - K_s \cdot T_s + C \quad (1)$$

K_{set} , K_r , K_{am} , K_s : 係数

C : 定数

T_{set} : 温度設定値

T_r : 内気センサ値

T_{am} : 外気センサ値

T_s : 日射センサ値

で演算されるTAO値と同等の値をIRセンサのTAO式で得る必要がある。

そしてTAO式をIRセンサで表現すると

$$TAO = K_{set} \cdot T_{set} - \frac{K_r}{K_{ir}} T_r + \frac{K_{am}}{K_{ir}} T_{am} + \frac{K_s}{K_{ir}} T_s + C \quad (2)$$

K_{ir} : 係数

T_{ir} : IRセンサ値

となる。

ここで $\frac{K_r}{K_{ir}}$, $\frac{K_{am}}{K_{ir}}$, $\frac{K_s}{K_{ir}}$ は、各熱負荷（内気温、外気温、日射量）に対するTAOへのゲインであるため、これをIRセンサ一つで置き換えるためには熱負荷を代表する各部位の温度変化の寄与率をその面積割合で調整し、更にTAOへの寄与率をゲイン K_{ir} で調整することで従来と同等のTAO値演算を実現した。

以上より、IRセンサの温度検出範囲（視野）内に車室内の窓ガラス、内装、乗員、天井をFig. 4に示すような割合で収めることでIRセンサオートA/C制御を実現させた。

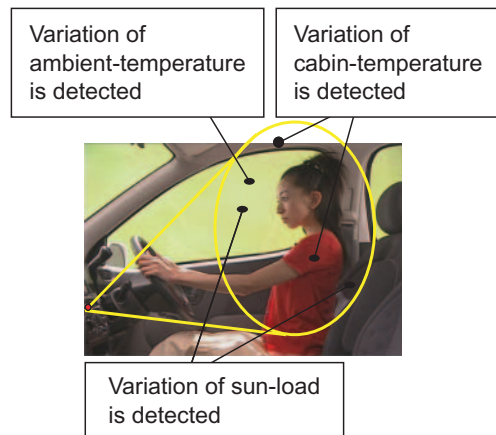


Fig. 4 Field of view of IR sensor

これによりIRセンサシステムの構成 (Fig. 5) は、Fig. 1に示した従来センサシステムに対し1センサでの構成にすることができた。

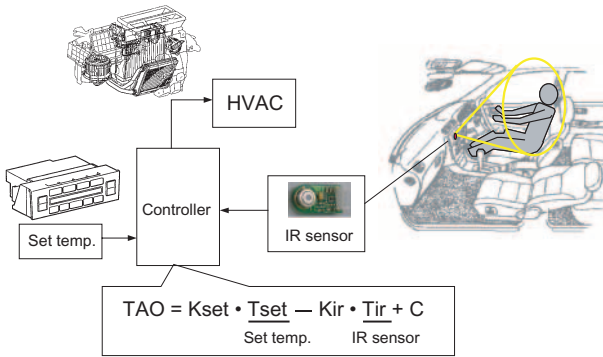


Fig. 5 Composition of IR sensor system

5. 乗員温感を考慮したオートA/C制御

Fig. 6に示すように、IRセンサにより乗員表面温度および窓ガラス表面温度（輻射）を直接検出することで、従来センサシステムに比べより乗員の温感を考慮した空調を行うものである。

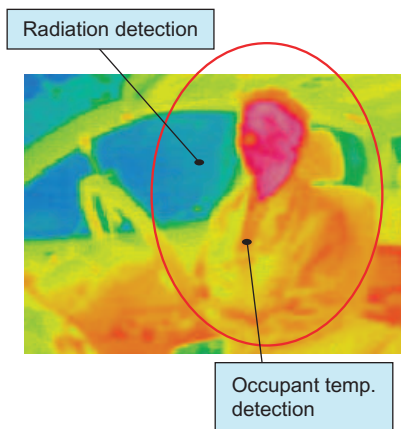


Fig. 6 Temp. condition of occupant and window glass

以下に、乗員温度検出と輻射検出の各々の状態における制御効果を説明する。

5.1 乗員温度検出による熱履歴補正

冬場外気温が低い状態の時、乗員が一時的に車外に出て再乗車した場合、Fig. 7に示すように従来の内気温センサは車室内の空気温度を検出しているため乗員の温度に応じた制御はできない。

これに対しIRセンサは冷えた乗員表面温度を検出するため、より暖房状態を強くするよう補正制御することができ乗員の温感の回復を短時間で行うことができる。

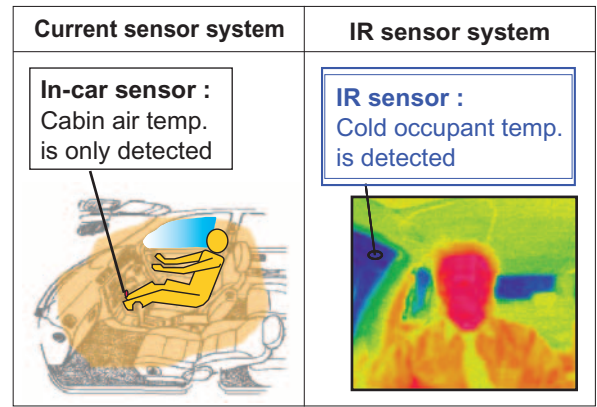


Fig. 7 Correction for thermal history

5.2 窓ガラス表面温度検出による輻射補正

冬場外気温が低い状態の時、特に車速が高い場合にはガラス表面の温度は著しく低下する。

このガラス面からの冷輻射の影響で乗員の窓側の温感が低下（肌寒さを感じる）する現象が発生する。

この時、Fig. 8に示すように、従来の内気温センサではガラスからの輻射を検出することはできないが、IRセンサは窓ガラス表面温度を検出することで輻射分の空調補正を行うことが可能となる。

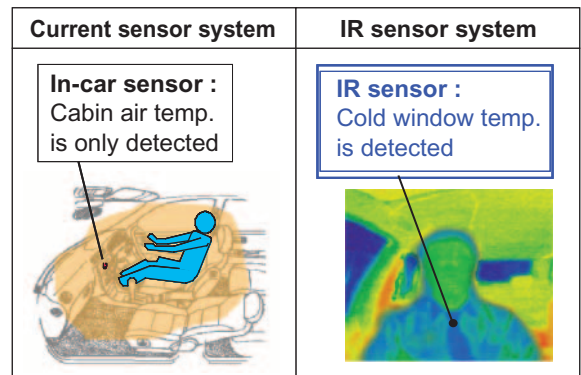


Fig. 8 Correction for radiation

6. IRセンサの温度検出原理

最後にIRセンサについて簡単に説明する。

このIRセンサは、物体から放射される赤外線を検出することにより非接触で物体の表面温度を検出する温度センサであり、センサの温度検出視野内の各物体（測温対象物）温度を略平均温度として検出するものである。

その温度検出原理であるが、今回用いたIRセンサはサーモパイル方式と呼ばれる検出方法のものであり構

造をFig. 9に示す。これは、熱電対を使って物体から放射される赤外線エネルギーを熱に変換しその熱から電圧信号を取り出すものである。

赤外線フィルタにより特定の波長の赤外光のみをサーモパイルチップ上に導き、熱電対の温接点上に施された赤外線吸収膜により効率よく赤外線エネルギーを熱に変換する構造としている。

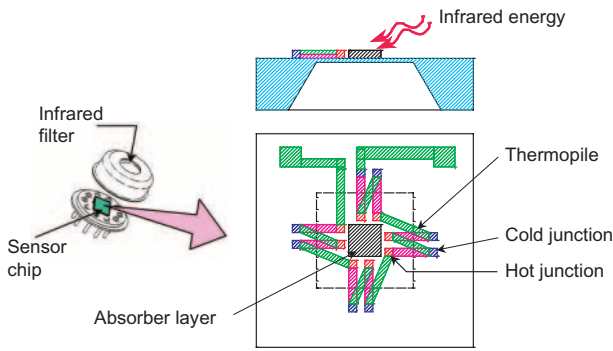


Fig. 9 Structure of IR sensor

7. おわりに

オートA/Cの新しいシステムとしてIRセンサを適用することにより、従来の三つのセンサ機能をIRセンサ一つに置き換えると共に、乗員表面温度および車室内熱負荷を直接検出することで、(1)乗員乗込み時の乗員熱履歴に対応する補正 (2)窓ガラスからの輻射に対する補正 という乗員の温度感覚に合った空調を実現した。

本システムは、2003年5月に発売されたトヨタ「ラウム」に搭載されている。



<著 者>



熊田 辰己
(くまだ たつみ)
冷暖房開発1部
新オートA/Cシステム開発に従事



一志 好則
(いちし よしのり)
冷暖房開発1部
新オートA/Cシステム開発に従事